

$$\begin{aligned}
 &1) \left\{ \begin{aligned}
 &a. dF_1 = z \cdot \frac{k_q S_c \mu_0}{4} \left(\frac{\mu \cdot E e^{\frac{R}{2L} dt} \sin \left(dt \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2} \right) \cdot n}{L \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2}} \cdot \left(\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + r^2}} + \frac{(l-x_0)}{\sqrt{(l-x_0)^2 + r^2}} \right) \right) \left| \begin{aligned} &x_0 > 0,5l \quad z = -1 \\ &x_0 < 0,5l \quad z = 1 \end{aligned} \right. \\
 &б. da_1 = \frac{dF_1}{m}; \\
 &в. x_1 = x_0 + v_0 dt + \frac{da_1 \cdot dt^2}{2}; \\
 &г. v_1 = v_0 + da_1 dt,
 \end{aligned} \right. \\
 &n) \left\{ \begin{aligned}
 &a. dF_n = z \cdot \frac{k_q S_c \mu_0}{4} \left(\frac{\mu \cdot E e^{\frac{R}{2L} ndt} \sin \left(ndt \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2} \right) \cdot n}{L \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2}} \cdot \left(\frac{x_{n-1}}{\sqrt{x_{n-1}^2 + r^2}} + \frac{(l-x_{n-1})}{\sqrt{(l-x_{n-1})^2 + r^2}} \right) \right) \left| \begin{aligned} &x_n > 0,5l \quad z = -1 \\ &x_n < 0,5l \quad z = 1 \end{aligned} \right. \\
 &б. da_n = \frac{dF_n}{m}; \\
 &в. x_n = x_{n-1} + v_{n-1} dt + \frac{da_n \cdot dt^2}{2}; \\
 &г. v_n = v_{n-1} + da_n dt,
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

Моделирование показало, что уже на начальных этапах оптимизации была получена эффективность ускорения в пределах 34%, что выше эффективности существующих аналогов. Максимальная скорость частицы при энергии накопителя 28кДж составляет 30 км/с.

Литература

1. Семкин Н.Д., Пияков А.В., Калаев М.П., Телегин А.М Заявка № 2011116048/11 (023888) дата начала отсчета действия патента: 22.04.2011

КОМБИНИРОВАННЫЙ ДАТЧИК МИКРОМЕТЕОРОИДОВ

А.М.Телегин

(г.Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), talex85@mail.ru)

COMBINED SENSOR OF MICROMETEOROID

A.M.Telegin

С увеличением срока функционирования космических аппаратов, появлением долгоживущих космических станций проблема регистрации микрометеороидов и все возрастающего количества техногенных частиц, а также защита космического аппарата становятся более актуальными. В 60-80-х годах было поставлено несколько десятков космических экспериментов по изучению физико-химических свойств частиц естественного и искусственного

происхождения. В результате был накоплен опыт по созданию аппаратных средств регистрации частиц, методик проведения и обработки информации лабораторных и космических экспериментов. Имеющиеся экспериментальные данные о характеристиках потоков микрометеороидов и техногенных частиц имеют значительный разброс, что предполагает проведение дальнейших исследований в области создания более современных технических средств регистрации параметров высокоскоростных частиц.

При исследовании и разработке бортовых детекторов микрометеороидов необходимо создание аппаратуры, преобразующей ударные воздействия и связанные с ними параметры частицы в электрические сигналы. Для получения наиболее полных сведений о параметрах микрометеороидов желательно использовать комбинированные датчики [1](рис. 1).

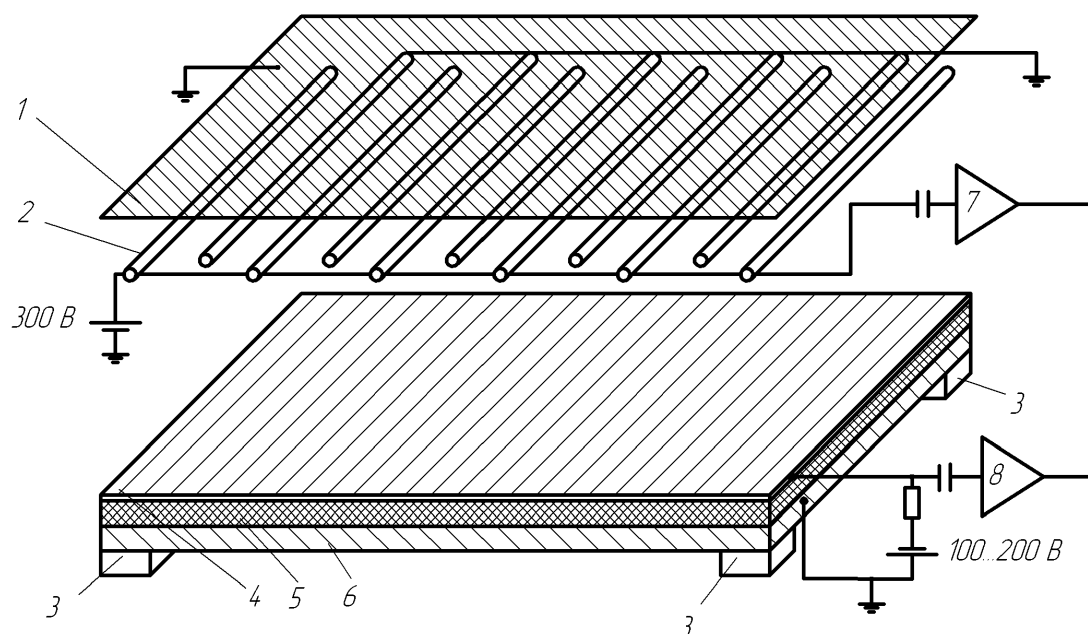


Рис. 1. Комбинированный датчик: 1 - заземленная сетка, 2 - электроды ионизационного датчика, 3 - пьезодатчики, подключенные к измерителям сигнала, 4,5,6 - МДМ - структура, 7 - усилитель с ионизационного датчика, 8 - усилитель для МДМ структуры

Датчик на рис.1 позволяет измерять параметры микрометеороидов путем контроля изменения напряжения на МДМ - структуре (8) и электродах ионизационного датчика (7). С помощью пьезодатчиков (3), установленных на задней стороне МДМ - структуры, контролируется место удара микрометеороида. Для этого с помощью усилителей снимается сигнал с пьезодатчиков [2]. Заземленная сетка (1) необходима для предотвращения влияния внешних помех на электроды ионизационного датчика.

Каждая высокоскоростная частица, ударяющая в данный датчик, обладает определенным зарядом [3]. В связи с этим при пролете частицы через электроды (2), на них наводится импульс заряда. Тогда скорость высокосортной частицы можно определить согласно формуле (1):

$$W = \frac{L}{\Delta t}, \quad (1)$$

где L - расстояние между электродами (2) и верхней обкладкой МДМ - структуры (4), Δt - время пролета высокоскоростной частицей расстояния L .

Данный датчик можно использовать и в режиме контроля потоков высокоскоростных частиц. В этом случае верхняя обкладка делается достаточно тонкой, для того, чтобы она разрушалась в процессе высокоскоростного взаимодействия [1]. Тогда емкость МДМ - структуры в зависимости от параметров ударника можно вычислить согласно следующей формуле (2):

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \left(S_0 - \sum_{i=0}^N \pi \cdot R_i^2 \right)}{d}, \quad (2)$$

где ε - диэлектрическая проницаемость диэлектрика, ε_0 - диэлектрическая постоянная, d - толщина диэлектрика, [см], N - число столкновений с МДМ - структурой, которое можно зарегистрировать с помощью пьезодатчиков, R_i - радиус образовавшегося при ударе кратера, при допущении сферичности формы, [см].

R_i связано с параметрами высокоскоростных частиц с помощью следующего выражения (3) [4]:

$$R_i = \frac{1}{2} \cdot \left(1,112 \cdot 10^{-4} \cdot \rho_i^{-0,5} \cdot \rho_p^{0,743} \cdot d_p^{1,076} \cdot W^{0,727} \cdot \cos^{0,15} \theta \right), \quad (3)$$

где ρ_i - плотность мишени, [$\tilde{a}/\tilde{n} \text{ г/см}^3$], ρ_p - плотность частицы, [$\tilde{a}/\tilde{n} \text{ г/см}^3$], d_p - диаметр частицы, [см], W - скорость частицы, [см/с], θ - угол удара частицы с МДМ - структурой.

Измеряя остаточную емкость МДМ - структуры и зная скорость ударяющей частицы, можно оценить размеры частицы при априори заданном материале.

В случае если верхняя обкладка МДМ - структуры выполнена из резистивного материала, то можно определить размеры образовавшегося кратера с помощью методики изложенной в статье [24].

Таким образом, данный датчик, принцип действия которого основан на нескольких физических эффектах, позволяет измерять параметры микрометеороидов.

Литература

1. Семкин, Н.Д. Регистрация пылевых и газовых частиц в лабораторных и космических условиях / Н.Д.Семкин, К.Е.Воронов, Л.С.Новиков - Самара. - 2005. - 470 с.
2. Семкин, Н.Д. Методы и средства определения утечки воздуха из модулей космической станции Текст./ Н.Д.Семкин, К.Е.Воронов, А.Н.Занин, И.В.Пияков. // Прикладная физика, 2006, №2, с. 108-121
3. Fukushige, S. Development of perforation hole detection system for space debris impact // S.Fukushige, Y.Akahoshi, T.Koura, S.Harada, - International Journal of Impact Engineering 33 (2006) 273-284.
4. S. Hauptmann and G. Drolshagen, 'Meteoroid and Debris Flux Assessment on Oriented Surfaces. Application to EURECA and HST Solar Arrays', Proceedings of 2nd European Conf. On Space Debris, Darmstadt, March 17-19, Vol. 19 N0.2, p253-256, 1997.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА И МИКРОМЕТЕОРОИДОВ

К.Е.Воронов

(г.Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), voronov@ssau.ru)

METHODS AND MEANS OF CONTROL OF THE SURFACE OF SPACECRAFT IN THE IMPACT DEBRIS AND MICROMETEORIODS

K.E.Voronov

Длительное существование на околоземных орбитах космических аппаратов (КА), функционирующих в условиях воздействия факторов космической среды, требует обеспече-